

Ugotavljanje kakovosti zlepljenosti lesnih tvoriv

Determination of bonding quality of wood-based materials

avtor **Bogdan ŠEGA**, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo, Rožna dolina, C. VIII/34, SI-1001 Ljubljana, bogdan.sega@bf.uni-lj.si

izvleček/Abstract

Za ugotavljanje ustreznosti lepil za izdelavo lesnih plošč niso primerne preskusne metode, na podlagi katerih razvrščamo lepila v trajnostne razrede. Razred zlepljenosti plošč ugotavljamo s preskušanjem kakovosti zlepljenosti končnih proizvodov - plošč. V članku so opisane preskusne metode, s katerimi ugotavljamo kakovost zlepljenosti plošč iz dezintegriranega lesa, vezanih plošč in LVL, masivnih lesnih plošč ter lepljenega lameliranega lesa. Podane so tudi minimalne zahteve za kakovost zlepljenosti lesnih tvoriv.

Test methods which are intended to obtain performance data for the classification of adhesives, are not intended to be used to assess the suitability of adhesives for the manufacture of wood-based panels. We can determine the bonding class of wood-based panels only by testing bonding quality of the end-product - panel. This article describes test methods used to determine bonding quality of particleboards, fibreboards, OSB, plywood and LVL, solid wood panels and glued laminated timber.

Ključne besede: preskusne metode, zahteve, lesne plošče, lepljeni lamelirani les

Key words: test methods, requirements, wood-based panels, glued laminated timber

1. UVOD

Primernost lepil za izdelavo lesnih plošč ne ugotavljamo s preskušanjem lepil, pač pa s preskušanjem končnih proizvodov. V nadaljevanju so prikazani osnovni preskusi, s katerimi ugotavljamo kakovost zlepljenosti lesnih tvoriv, in sicer za:

- plošče iz dezintegriranega lesa: vlaknene in iverne plošče, s cementom vezane iverne plošče in OSB plošče,
- vezane plošče in LVL: furnirne plošče, središčne plošče (letvene in letvične) ter LVL,
- masivne lesne plošče in
- lepljeni lamelirani les.

Prvi pogoj za oceno kakovosti zlepljenosti plošč je pravilno izveden postopek odvzema vzorcev. Pravila vzorčenja (št. preskušancev, način izžaganja le-teh itd.) so opisana v standardu za vzorčenje /10/, oz. v nekaterih primerih v preskuševalnih standardih. Posebej so definirana pravila za vzorčenje pri izvajanju notranje kontrole kakovosti /11/ in posebej za vzorčenje posameznih partij plošč /12/.

V prispevku sem se omejil le na prikaz preskusnih metod, zato vzorčenja natančneje ne opisujem.

2. PLOŠČE IZ DEZINTEGRIRANEGA LESA

Zlepljenost vseh vrst plošč iz dezintegriranega lesa preskušamo z ugotavljanjem razplastne trdnosti pravokotno na površino plošč (t.i. "Internal Bond") /8/. Kakovost povezave med površinskim slojem iverja in materialom pod površino pri surovih ivernih ploščah oz. med površinskim slojem (plemeniti furnir, folija, premaz) in osnovno ploščo pri oplemenitenih ploščah, pa preverjamo z ugotavljanjem čvrstosti površine ("Surface Soundness") /5/.

Razplastna trdnost /8/

Iz vsake vzorčne plošče izžagamo vsaj 8 preskušancev dimenzij 50 mm x 50 mm ter jih sklimatiziramo v standardni klimi 20/65 (temperatura 20 °C / 65 % relativna zračna vlažnost). Nato na preskušance z obeh strani prilepimo testne kladice, ki so lahko kovinske ali lesene, njihova naloga pa je, da omogočijo vpetje preskušanca v napravo za preskušanje mehanskih lastnosti.

Sledi priprava preskušancev. Način priprave je odvisen od vrste plošče. Preskušance iz plošč, ki so namenjene za uporabo v suhih pogojih, uravnavamo v standardni klimi, preskušance iz plošč, ki so namenjene za uporabo

v vlažnih pogojih oz. zunaj, pa izpostavimo cikličnemu preskusu /9/ oz. kuhanju /22/.

Po končani pripravi preskušance obremenimo s prečno natezno obremenitvijo (sl. 1) in izmerimo silo, pri kateri pride do loma preskušanca, ter izračunamo razplastno trdnost (f_{II}).

Čvrstost površine /5/

Preskusiti je treba vsaj 10 preskušancev, ki so dimenzij 50 mm x 50 mm. Na površini preskušancev izdelamo krožen utor z notranjim premerom 35,7 mm in globino ($0,3 \pm 0,1$) mm. Preskušance nato uravnovesimo do konstantne mase v klimi 20/65, potem pa na površino znotraj utora prilepimo jeklen "pečat". Ko se lepilo ohladi oz. utrdi, pečat odtrgamo iz površine in izmerimo silo loma (sl. 2) ter izračunamo čvrstost površine (SS).

Zahteve

Zahteve za razplastno trdnost in čvrstost površine so za posamezne vrste plošč podane v njihovih bazičnih - produktnih standardih /1/, /4/, /6/, /16/, /17/, /18/, /19/, /20/, /22/. Ker je teh zahtev veliko (zahteve za 3 debelinske razrede za vsako vrsto plošč, posebej za plošče za uporabo v suhih, vlažnih in zunanjih pogojih), ne navajam njihovih vrednosti, pač pa le oznake bazičnih standardov, kjer jih lahko najdemo.

3. VEZANE PLOŠČE IN LVL

Kakovost zlepljenosti oz. "Razred zlepljenosti" vezanih plošč in furnirnega slojnatega lesa (LVL) ugotavljamo s preskusom strižne trdnosti lepilnih spojev (f_v) in ocenjevanjem deleža loma po lesu (w - površina, na kateri je prišlo do loma preskušanca po lesu, v primerjavi s celotno površino loma) /3/.

Kakovost zlepljenosti vezanih plošč /3/

Preskusiti je potrebno vsaj 10 preskušancev na vsak par lepilnih spojev iz posamezne vzorčne plošče. Pri ploščah, ki so namenjene za uporabo v vlažnih in zunanjih pogojih, se število preskušancev podvoji /3/, /10/.

Izdelava preskušancev za preskušanje furnirnih plošč

Iz vzorčne plošče izžagamo preskušance širine (b_f) 25 mm. Le-ti imajo na obeh ploskvah utor, ki sega do sredine prečnega furnirja, ki je med preizkušanimi lepilnima spojema. Razdalja med utoroma (l_f) znaša 25 mm. Na sl. 3 je prikazan primer priprave preskušancev iz 7-slojne furnirne plošče.

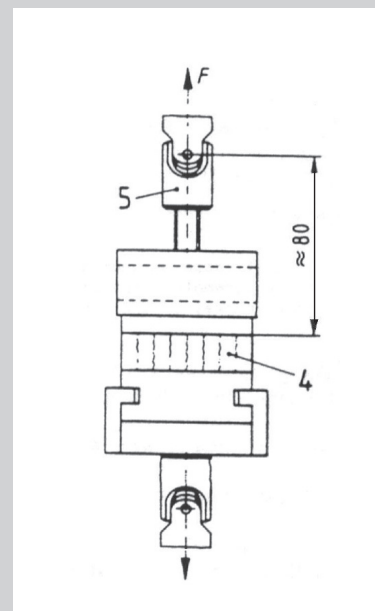
Izdelava preskušancev za preskušanje središčnih plošč

Specifična zgradba središčnih plošč, ki imajo razmeroma debel srednji sloj iz letvic iz masivnega lesa, narekuje nekoliko drugačno pripravo preskušancev. Le-te izžagamo iz kosov plošč, ki smo jih pripravili tako, da smo najprej po debelini zlepili dva kosa središčne plošče (oznaka 6 na sliki 4). Usmerjenost posameznih slojev in globina utorov, ki jih izdelamo na preskušancih, je prikazana na sl. 4. Širina preskušancev (b_f) in razdalja med utoroma (l_f) znaša 25 mm.

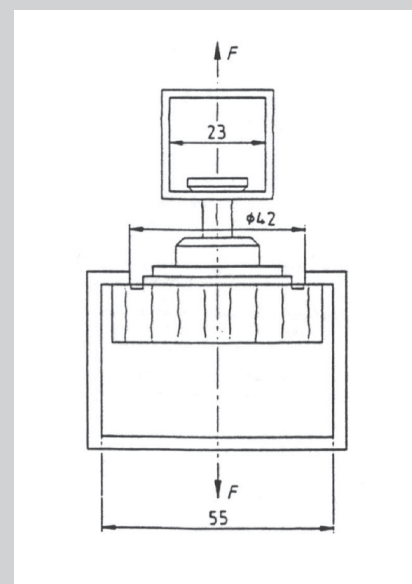
Priprava preskušancev pred ugotavljanjem sile loma

Na suhih preskušancih izmerimo njihovo širino in razdaljo med utoroma (strižno površino), nato pa jih izpostavimo izbranim pogojem priprave.

Poznamo tri razrede zlepljenosti ("Bonding Class") vezanih plošč /7/. V kateri razred zlepljenosti sodi plošča, je odvisno od stopnje vlage oz. vodoodpornosti lepilnih spojev.



□ Slika 1. Preskus razplastne trdnosti /8/



□ Slika 2. Preskus čvrstosti površine /5/

Preglednica 1. Razredi zlepljenosti vezanih plošč /7/

Razred	Primeri uporabe
Razred 1: suhi pogoji	Vlažnost plošč lahko samo nekaj tednov na leto preseže u_r pri klimi 20/65.
Razred 2: vlažni pogoji	Vlažnost plošč lahko samo nekaj tednov na leto preseže u_r pri klimi 20/85 (pokriti zunanji prostori, kratkotrajna izpostavitve vremenskim vplivom, kuhinje, kopalnice).
Razred 3: zunanji pogoji	Polna izpostavitve vremenskim vplivom oz. tekoči vodi pa tudi vodni pari v vlažnih, vendar prezračevanih prostorih.

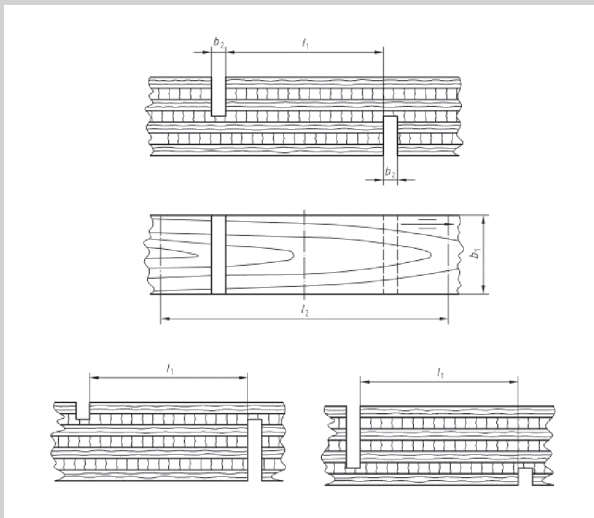
Preglednica 2. Zahtevani načini priprave preskušancev za posamezne razrede zlepljenosti /7/

	Priprava (glede na EN 314-1)			
	5.1.1	5.1.2	5.1.3*	5.1.4
Razred 1: suhi notranji prostori	x			
Razred 2: pokriti zunanji prostori	x	x		
Razred 3: nepokriti zunanji prostori	x		x	x

* Če uporabljamo fenolna lepila, lahko preskušance pripravimo na način 5.1.3, pod pogojem, da občasno izvedemo tudi primerjalni test s pripravo 5.1.4

Preglednica 3. Načini priprave preskušancev za ugotavljanje kakovosti zlepljenosti vezanih plošč /3/

Oznaka	Način priprave
5.1.1	24 h potopitev v hladno vodo (20 ± 3) °C
5.1.2	6 h potopitev v vrelo vodo vsaj 1 h ohlajanje v vodi (20 ± 3) °C
5.1.3	4 h potopitev v vrelo vodo 16 do 20 h sušenje pri (60 ± 3) °C 4 h potopitev v vrelo vodo vsaj 1 h ohlajanje v vodi (20 ± 3) °C
5.1.4	(72 ± 1) h potopitev v vrelo vodo vsaj 1 h ohlajanje v vodi (20 ± 3) °C



Slika 3. Priprava preskušancev iz 7-slojne furnirne plošče /3/

Za vsak razred zlepljenosti moramo preskušance, pred izvajanjem strižnega preskusa, pripraviti na ustrezen način (pregl. 2).

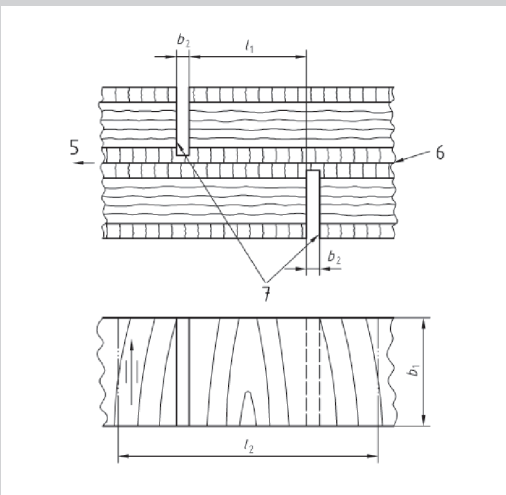
Načini priprave so opisani v pregl. 3.

Takoj po končani pripravi še mokre preskušance vpneemo v napravo za preskušanje mehanskih lastnosti, jih obremenimo z natezno strižno obremenitvijo in izmerimo silo loma. Iz izmerjene sile loma (F) in strižne površine ($l \times b$) izračunamo strižno trdnost (f_v v N/mm²). Ko se preskušanci posušijo, vizualno ocenimo še delež loma po lesu (w v %).

Zahteve /7/, /21/

Vsak par lepilnih spojev v vezani plošči mora, potem ko je bil izpostavljen postopku umetnega staranja, izpolnjevati obe zahtevi glede minimalne povprečne strižne trdnosti in deleža loma po lesu. Zahteve so prikazane v pregl. 4.

Zahteve za LVL se od zahtev za vezane plošče razlikujejo le v deležih loma po lesu /2/.



Slika 4. Priprava preskušancev iz središčne plošče /3/

4. MASIVNE LESNE PLOŠČE (SOLID WOOD PANELS - SWP)

Kakovost zlepljenosti eno- in večslojnih masivnih lesnih plošč preskušamo z ugotavljanjem tlačne strižne trdnosti lepilnih spojev /24/.

Izdelava preskušancev

Za preskus kakovosti zlepljenosti večslojnih plošč najprej iz plošče izžagamo, pod kotom 45° , "pas" (slika 5), na katerem nato naredimo utore do globine lepilnega spoja, ki ga preskušamo, potem pa ta pas razžagamo v preskušance dimenzij: $l = 50$ mm, $h = 40$ mm in $b = 10$ mm (slika 6).

Iz enoslojnih plošč preskušance izdelamo na način, ki je prikazan na sliki 7. Velikost strižne površine znaša pri teh preskušancih 25 mm x debelina plošče.

Dimenzije izmerimo na suhih preskušancih, nato pa jih, pred preskušanjem, pripravimo na zahtevan način. Načini priprave preskušancev, ki so odvisni od namena uporabe plošče, so prikazani v preglednici 5.

Takoj po zaključku priprave obremenimo preskušance s tlačno strižno obremenitvijo (sl. 8) in izmerimo silo loma ter ocenimo delež loma po lesu.

Zahteve

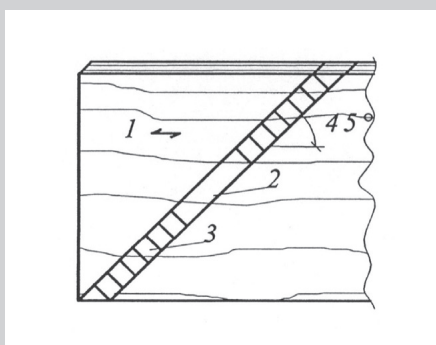
V produktnem standardu /23/ so podane zahteve za kakovost zlepljenosti masivnih lesnih plošč. Vsak lepilni spoj plošče kateregakoli razreda mora izpolnjevati obe zahtevi, ki sta podani v preglednici 6.

5. LEPLJENI LAMELIRANI LES

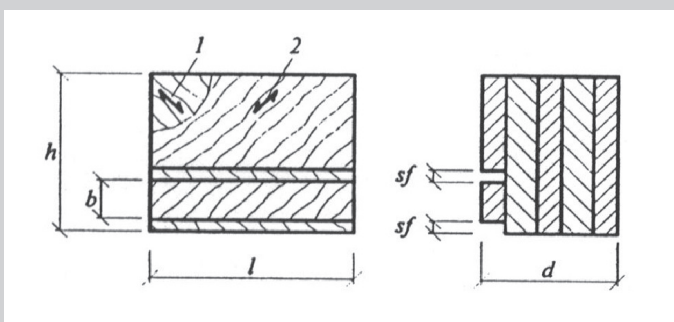
Kakovost zlepljenosti lameliranega lesa preskušamo z: delaminacijskim preskusom lepljenih stikov /14/ in/ali strižnim preskusom lepljenih stikov /15/.

□ Preglednica 4. Zahtevana strižna trdnost in delež loma po lesu za vezane plošče /7/

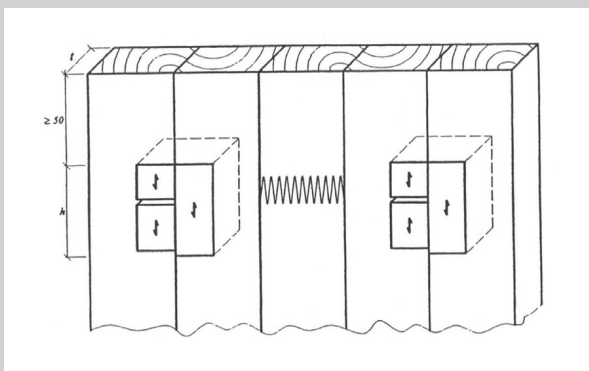
Povprečna strižna trdnost f_v (N/mm ²)	Povprečni lom po lesu w (%)
$0,2 \leq f_v < 0,4$	≥ 80
$0,4 \leq f_v < 0,6$	≥ 60
$0,6 \leq f_v < 1,0$	≥ 40
$1,0 \leq f_v$	ni zahtev



□ Slika 5. Pas večslojne masivne lesne plošče, iz katerega izžagamo preskušance /24/



□ Slika 6. Oblika preskušancev iz petslojne masivne lesne plošče /24/



□ Slika 7. Oblika preskušancev iz enoslojne masivne lesne plošče /24/

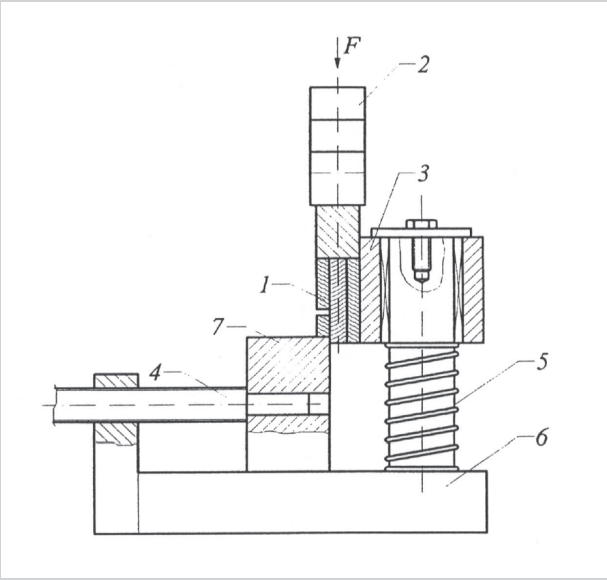
□ Preglednica 5. Zahtevani načini priprave preskušancev za posamezne razrede zlepljenosti masivnih lesnih plošč /24/

Priprava*		
	1	3
SWP/1: suhi pogoji	24 ur hladna voda (20 °C)	-
SWP/2: vlažni pogoji	-	6 h vrenja, min 1 h hlajenja v vodi 20 °C
SWP/3: zunanji pogoji	-	4 h vrenja - (16 do 20) h sušenja 60 °C - 4 h vrenja - 1 h hlajenja v vodi 20 °C

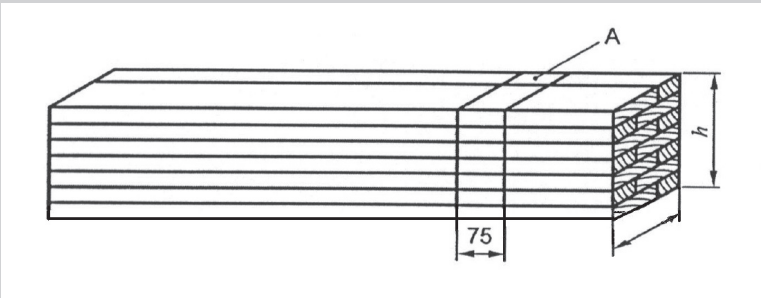
* Za natančnejši opis priprave glej SIST EN 314-1

□ Preglednica 6. Zahtevane za strižno trdnost lepilnih spojev in delež loma po lesu za masivne lesne plošče /23/

	5-stotil strižne trdnosti	Povprečni lom po lesu
	$f_{v,0.05}$ (N/mm²)	w (%)
Enoslojne plošče	$2,5 \leq f_{v,0.05}$	> 40
Večslojne plošče	$0,8 \leq f_{v,0.05}$	> 40



□ Slika 8. Tlačni strižni preskus za ugotavljanje kakovosti zlepljenost masivnih lesnih plošč /24/



□ Slika 9. Preskušanec, ki ga izžagamo iz lepljenega nosilca /14/

Delaminacijski preskus /14/

V standardu so opisane tri metode; visokotemperaturni metodi A in B sta namenjeni preskušanju izdelkov, ki so zlepljeni z lepili za konstrukcijsko uporabo tipa I; nizkotemperaturna metoda C pa za preskušanje izdelkov, ki so zlepljeni z lepili tipa II.

Iz lepljenega nosilca izžagamo preskušane širine 75 mm, in sicer tako, da zajamemo celoten prerez nosilca (slika 9).

Na čelih preskušancev nato izmerimo skupno dolžino vseh lepilnih spojev, potem pa preskušance izpostavimo impregnaciji z vodo in sušenju. Pogoji, ki so jim izpostavljeni preskušanci, so opisani v preglednici 7.

Zaradi vlažnostnega gradienta se v lepljencu generirajo notranje napetosti oz. posledično prečne natezne napetosti v lepilnih spojih - neustrezni spoji se zato razslojijo.

Po zadnjem sušenju izmerimo, na obeh čelih preskušanca, dolžine razslojenih spojev, potem pa izračunamo:

- celotno delaminacijo (v %), ki je razmerje med skupno dolžino vseh razslojitev na obeh čelih preskušanca ($l_{tot,delam}$) in skupno dolžino vseh lepilnih spojev na čelih preskušanca ($l_{tot,glueline}$) in
- maksimalno delaminacijo (v %), ki je razmerje med dolžino največje razslojitve na preskušancu ($l_{max,delam}$) in dolžino lepilnega spoja na čelih preskušanca ($2 \cdot l_{glueline}$).

Zahteve

Lepljen slojnat les mora izpolnjevati zahteve produktnega standarda /13/, ki so prikazane v preglednici 8.

Maksimalna delaminacija je lahko največ 40 %.

Strižni preskus /15/

Iz nosilca izžagamo testno "letev" širine in debeline 40-50 mm (slika 10) tako, da vanjo zajamemo celoten prerez nosilca.

Če je v nosilcu manj kot 10 lepilnih spojev, je treba preskusiti vse spoje; če je spoj več, pa vsaj po 3 spoje iz spodnjega, srednjega in zgornjega dela prereza nosilca.

Po uravnovešenju preskušancev v standardni klimi (20/65) izvedemo strižni preskus (sl. 11), izmerimo silo loma in delež loma po lesu ter izračunamo strižno trdnost.

Zahteve za strižno trdnost in delež loma po lesu, ki so definirane v produkt-nem standardu /13/, so prikazane v preglednici 9.

6. SKLEP

Ustreznost lepila oz. pravilnost izbire in uporabe lepila za izdelavo lesnih plošč določenega trajnostnega razreda preverjamo s preskušanjem kakovosti zlepljenosti končnih izdelkov - plošč. Kakovost zlepljenosti plošč iz dezintegriranega lesa preskušamo z ugotavljanjem njihove razplastne trdnosti in čvrstosti površine. Zlepljenost vezanih plošč in LVL preverjamo z nateznim - masivnih lesnih plošč pa s tlačnim strižnim preskusom. Do ocene kakovosti zlepljenosti lepljenega lameliranega lesa pridemo na podlagi delaminacijskega in tlačnega strižnega preskusa.

Trajnost lepilnih spojev oz. njihovo odpornost proti vlagi oz. vodi ugotavljamo z uporabo zgoraj naštetih metod, po predhodnem umetnem staranju preskušancev. □

□ **Preglednica 7.** Opis pogojev, ki so jim izpostavljeni preskušanci, na katerih ugotavljamo odpornost lepljenega lameliranega lesa proti delaminaciji /14/

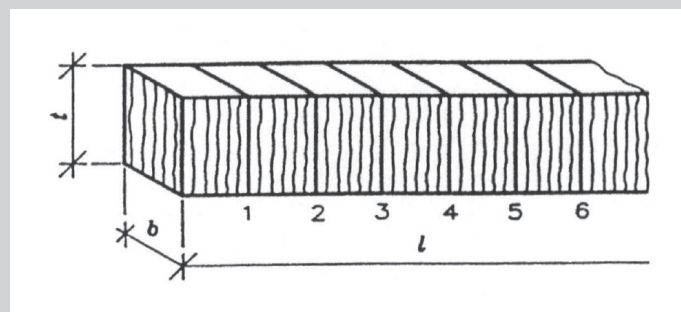
Priprava	Parametri	Enota	O z n a č b a		
			A	B	C
Impregnacija (voda 15±5 °C)	Absolutni tlak (vakuum)	kPa	15-30	15-30	15-30
	Trajanje	min	5	30	30
	Absolutni tlak	kPa	600-700	600-700	600-700
	Trajanje	h	1	2	2
	Št. impreg. ciklov		2	1	2
Sušenje	Temperatura	°C	60-70	65-75	25-30
	Vlažnost zraka	%	< 15	8-10	25-35
	Hitrost zraka	m/s	2-3	2-3	2-3
	Trajanje	h	21-22	10-15*	90

* Sušimo, dokler preskušanci ne dosežejo 100 % - 110 % začetne mase.

□ **Preglednica 8.** Največja dovoljena delaminacija lepljenega slojnatega lesa /13/

Metoda	Uporabna za tip lepila	Največji procent celotne delaminacije po ciklu št.		
		1	2	3
A	Tip I	-	5	10
B	Tip I	4	8	-
C	Tip II	10	-	-

Maksimalna delaminacija je lahko največ 40 %.

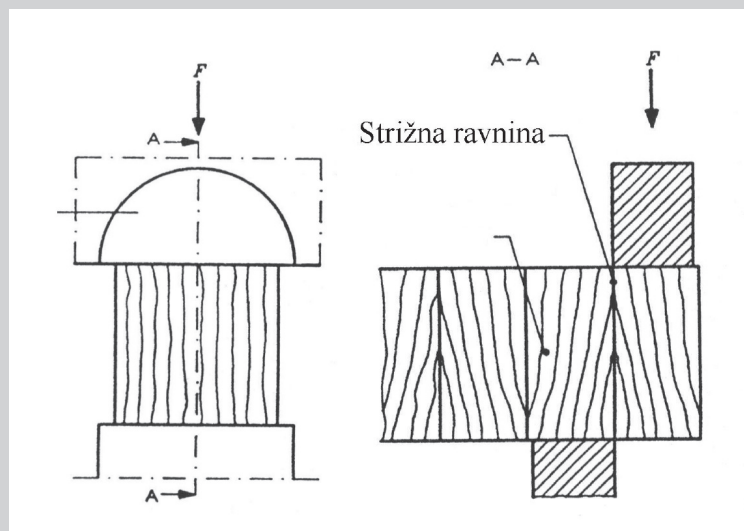


□ **Slika 10.** Testna "letev", izžagana iz lepljenega nosilca

Preglednica 9. Zahteve za strižno trdnost lepilnih spojev in delež loma po lesu za lepljen slojnat les /13/

Strižna trdnost f_v (N/mm ²)	P o v p r e č j e			P o s a m e z n e v r e d n o s t i		
	6	8	$f_v \geq 11$	$4 \leq f_v < 6$	6	$f_v \geq 10$
Najmanjši delež loma po lesu (%)	90	72	45	100	74	20

Najmanjše deleže loma po lesu pri strižnih trdnostih, ki so v območju med navedenima mejama, dobimo z linearno interpolacijo.



□ **Slika 11. Tlačni strižni preskus lepilnih spojev lepljenega lameliranega lesa /15/**

popravek

V članku Vpliv različne mehanske priprave lepilne površine na kvaliteto lepilnega spoja avtorjev Matevža SELJAKA in Milana ŠERNEKA, ki je bli objavljen v zadnji številki (4/2005) je na strani 107 pred točko 2.2. pomotoma izpadla formula 1, ki jo sedaj objavljamo:

$$\Theta = 2 \times \arctg \frac{2h}{a}$$

Prav tako se moramo opravičiti prof. dr. Mirku Tratniku in Borutu Kričju, ki smo jima na strani 95 pomotoma pripisali Jesenkovo priznanje. Prejela sta priznanje Biotehniške fakultete za leto 2005.

Prizadetim se za napaki opravičujemo!

literatura

1. **OSIST prEN 622-5:2004** - Fibreboards - Specifications - Part 5: Requirements for dry process boards (MDF)
2. **prEN 14297:2004** Laminated Veneer Lumber (LVL) - Definitions, classification and specifications
3. **prEN 314:2004** Plywood - Bonding quality - Part 1: Test methods
4. **SIST EN 300:1998** - Plošče z usmerjenim iverjem (OSB) - Definicije, razvrstitve in specifikacije
5. **SIST EN 311:2004** - Lesne plošče - Čvrstost površine - Preskusna metoda
6. **SIST EN 312:2004** - Iverne plošče - Specifikacije
7. **SIST EN 314-2:1996** - Vezan les - Kakovost zlepljenih spojev - 2. del: Zahteve
8. **SIST EN 319:1996** - Iverne in vlaknene plošče - Določanje razplastne trdnosti pravokotno na površino plošče
9. **SIST EN 321:2004** - Lesne plošče - Ugotavljanje odpornosti proti vlagi pri cikličnih pogojih
10. **SIST EN 326-1:1996** - Vzorčenje, izrez in pregled lesnih plošč - Vzorčenje, izrez in izražanje rezultatov preskušanja
11. **SIST EN 326-2:2004** - Lesne plošče - Vzorčenje, razlagovanje in kontrola - 2. del: Kontrola kakovosti v tovarni
12. **SIST EN 326-3:2004** - Lesne plošče - Vzorčenje, razlagovanje in kontrola - 3. del: Kontrola posamezne partije plošč
13. **SIST EN 386:2002** - Lepljeni lamelirani les - Zahteve za uporabo in minimalne zahteve za proizvodnjo
14. **SIST EN 391:2002** - Lepljeni lamelirani les - Delaminacijski preskus lepljenih stikov
15. **SIST EN 392:1996** - Lepljen lameliran les - Strižni preskus lepljenih stikov
16. **SIST EN 622-2:2004** - Vlaknene plošče - Specifikacije - 2. del: Zahteve za trde plošče
17. **SIST EN 622-3:2004** - Vlaknene plošče - Specifikacije - 3. del: Zahteve za srednje plošče
18. **SIST EN 622-4:1998** - Vlaknene plošče - Specifikacije - 4. del: Zahteve za mehke plošče
19. **SIST EN 634-1:1998** - S cementom vezane iverne plošče - Specifikacije - 1. del: Splošne zahteve
20. **SIST EN 634-2:1998** - S cementom vezane iverne plošče - Specifikacije - 2. del: Zahteve za iverne plošče, vezane z OPC, za uporabo v suhih, vlažnih in zunanjih razmerah
21. **SIST EN 636:2004** - Vezane plošče - Specifikacije
22. **SIST EN 1087-1:1996** - Iverne plošče - Določanje odpornosti proti vlagi - Preskus z vrenjem
23. **SIST EN 13353:2004** - Masivne lesne plošče (SWP) - Zahteve
24. **SIST-TS CEN/TS 13354:2004** - Masivne lesne plošče - Kakovost zlepljenosti - Preskusna metoda